

自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法による実橋梁の疲労き裂検出
～ 防食塗装膜および車両走行速度がき裂検出性に与える影響の検討 ～

大阪大学 学生員 ○和泉遊以 神戸大学 正会員 阪上隆英
大阪大学 学生員 森直也 非会員 久保司郎
国土交通省 国土技術政策総合研究所 正会員 玉越隆史

1. 目的

経年鋼橋梁の構造健全性を保証するためには、疲労によるき裂発生・進展を的確にモニタリングすることが重要となる。著者らはこれまでに、自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法を用いた高精度応力分布計測により、輪荷重載荷の下での鋼床版疲労き裂を遠隔から検出する新たな検査手法を開発し⁽¹⁾、その有用性を現場計測および実験室レベルの実験において示してきた⁽²⁾。鋼床版に防食塗装膜が塗布されている場合に、荷重周波数を高くすると、塗膜表面の温度変化が母材表面の熱弾性温度変化に追従しなくなることが考えられる。本研究では、防食塗装膜および車両の走行速度が、本手法すなわち自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィによる鋼床版疲労き裂の検出性に与える影響について検討する。一般に赤外線計測時には、反射の防止と赤外線放射率を高めることを目的として、被計測表面につや消しの黒色塗料を塗布する。防食塗装後の計測時には、反射防止のためのつや消し黒色塗料を施さずに計測を実施し、現場計測での反射の影響についても検討を行う。

2. 自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ法

き裂を含む構造物に載荷した時には、き裂による応力集中のためき裂先端付近の熱弾性温度変動は周辺部に比べて局所的に大きくなる。この特徴的な温度変動分布を赤外線サーモグラフィにより計測することにより、き裂の検出および寸法計測を行うことができる。しかしながら、熱弾性応力測定により得られる温度変動は微小であり、応力変動による温度変動は計測ノイズと同程度となる場合がある。熱弾性応力測定の高精度化のためには、赤外線計測データと応力変動に関する参照信号とのロックイン相関処理を行うことにより S/N 比を改善する必要がある。自己相関ロックイン赤外線サーモグラフィ⁽¹⁾では、赤外線計測画像内の一部領域の温度変動データから参照信号を自己生成し、すべての領域の温度変動データとロックイン相関処理を行う。これにより、外部からの参照信号を用いることなく、走行車両によるランダムな輪荷重負荷の下での相対応力分布を高精度に求めることができる。

3. 実橋梁におけるき裂検出実験

3.1 実験方法 赤外線計測風景を図1に示す。対象とするき裂は、図2に示すような溶接ビード上を橋軸方向に進展し、その後トラフリブ側へ屈曲したき裂とした。計測には、表1に示す重量が異なる3台の荷重車を用いた。さらに車両の走行速度を変えた実験、および膜厚 250μm の防食塗装膜の塗布前後2度の計測を実施し、それらがき裂検出性に与える影響を検討した。さらに、防食塗装後の計測時には、反射防止のためのつや消し黒色塗料を施さずに計測を実施し、現場計測での反射の影響についても検討を行った。荷重車の輪荷重載荷による測定面の応力変動に伴う温度変動を、撮影速度 113 Hz で連続的に計測した。得られた時系列温度変動データに対して、自己相関ロックイン処理を施し、き裂先端における応力集中部の検出を行った。

表1 荷重車重量

荷重車1		荷重車2	荷重車3	
前輪	2.3t	3.3t	前輪	4.7t
後輪	2.7t	6.7t	後前輪	9.1t
			後々輪	7.6t

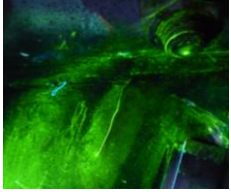


図1 赤外線計測風景 図2 屈曲き裂(磁粉探傷結果)

キーワード 非破壊検査, 赤外線サーモグラフィ, 熱弾性応力測定, 疲労き裂, 鋼床版, 防食塗装膜
連絡先 〒565-0871 吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻 TEL 06-6879-7306

3.2 実験結果 防食塗装前および後のロックイン処理結果をそれぞれ図3および図4に示す。図の画像のコントラストは参照信号取得点に対する相対応力分布を示している。参照信号は、き裂先端付近から取得した。また図4の防食塗装後の結果においては、2種類の走行速度において得られた結果を示している。図4より、防食塗装有、反射防止のつや消し黒色塗料なしの状態でも、き裂先端付近の熱弾性温度変動の局所的増大が鮮明に検出できており、これをもとにき裂の検出が可能であることが分かった。車両の軸重の影響については、車両が大型になり軸重が大きくなるほど、き裂の検出性は向上していることが分かる。

次に車両速度の影響について考える。図4の防食塗装後の実験結果を見ると、車両速度が大きくなるにつれて、ロックイン処理画像が不鮮明になっていることがわかる。この原因としては、車両速度の増大に伴い載荷荷重変動の卓越周波数が大きくなったことにより、鋼板素地表面の熱弾性温度変動の周波数も大きくなり、防食塗装の低い熱伝導性により温度変動が温度計測面である防食塗装表面に現れにくくなったものと考えられる。しかしながら、一般国道の最高速度 60km/h でも十分にき裂の検出が可能であることが明らかになった。

参考文献

- (1) 阪上隆英ほか, 日本機械学会論文集(A), Vol.72, No.724, pp.1860-1867, 2006
- (2) Yui Izumi, et al., *Proc. of 2008 International Orthotropic Bridge Conference*, pp.502-513, 2008

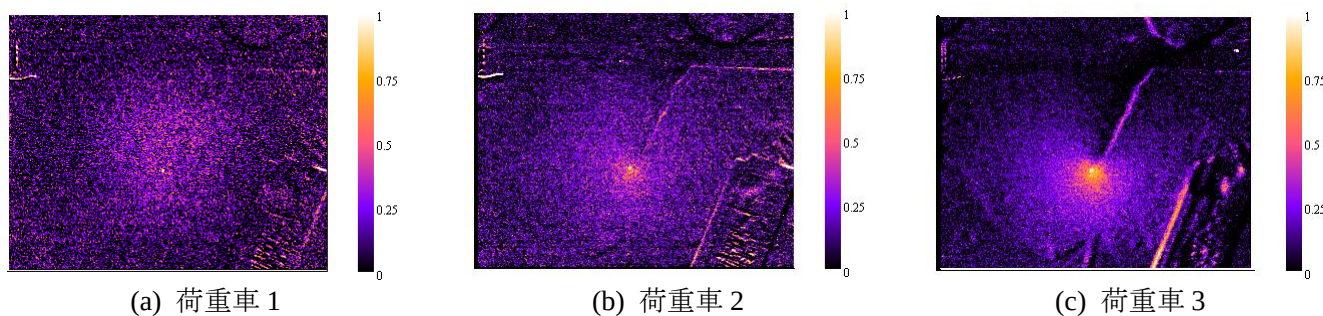


図3 防食塗装膜塗布前のロックイン計測結果 (車両速度約 50km/h)

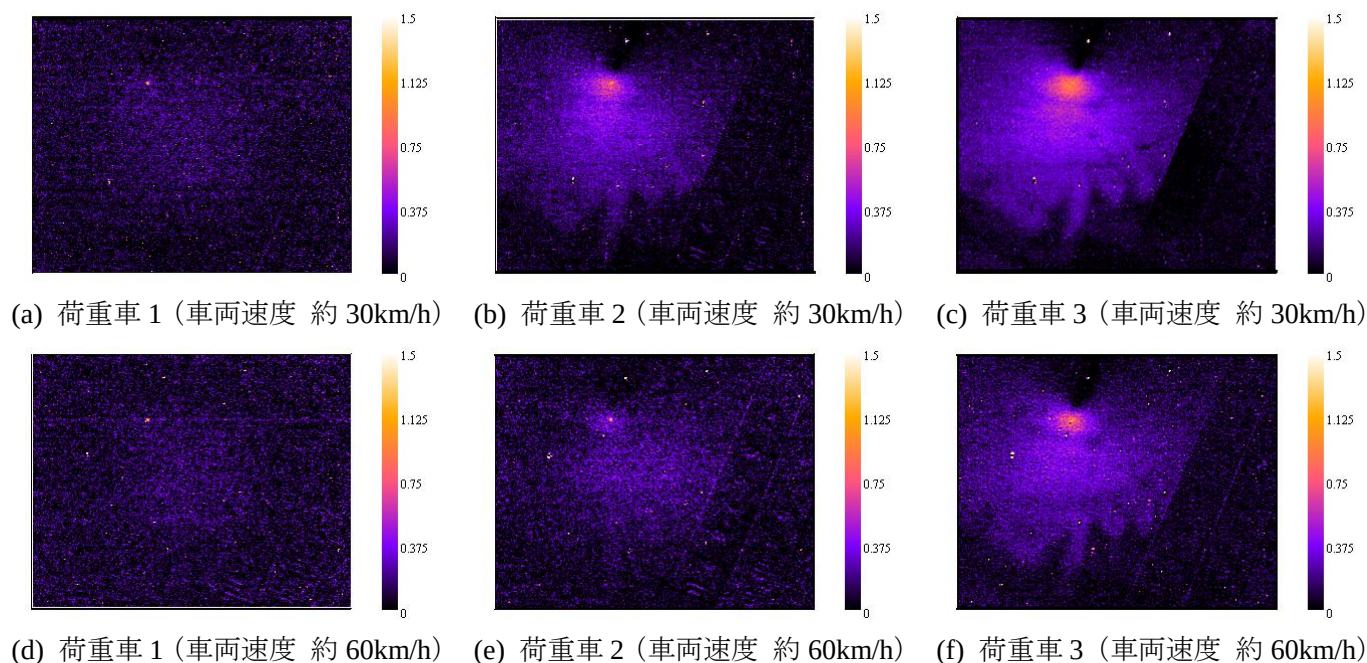


図4 防食塗装膜塗布後のロックイン計測結果